"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و چهارم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.4.6.3

اثر زمان برداشت بر صفات مورفولوژیک و عملکرد لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Effect of harvest time on morphological traits and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines

فرید گل‌زردی[۱]، عظیم خزائی[۲]، مسعود ترابی[۳]، علی آذری نصرآباد[۴]، مصطفی جعفریانی[۵]، لیلا نظری[۶]، حسن مختارپور[۷] و علیرضا آقاشاهی[۸]

چکیده

گل‌زردی، ف.، ع. خزائی، م. ترابی، ع. آذری نصرآباد، م. جعفریانی، ل. نظری، ح. مختارپور و ع.ر. آقاشاهی. ۱۴۰۱. اثر زمان برداشت بر صفات مورفولوژیک و عملکرد لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره (*Sorghum bicolor* L. Moench). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۴ (۴): ۳۱۸ -۳۰۲.**

به‌منظور ارزیابی پتانسیل تولید لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره (دانه‌ای-علوفه‌ای) در زمان‌های مختلف برداشت، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش مکان (کرج، مشهد، اصفهان، بیرجند، شیراز و گرگان) طی دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. در این آزمایش صفات مورفولوژیک و عملکرد هفت ژنوتیپ سورگوم (KDFGS4، KDFGS6، KDFGS9، KDFGS10، KDFGS16، MDFGS1 و MDFGS2) در چهار مرحله برداشت (شیری، خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیک دانه) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که حداقل عملکرد علوفه سیلویی و حداکثر عملکرد ماده خشک در کلیه ژنوتیپ‌های سورگوم در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بدست آمد. بیشترین عملکرد ماده خشک و دانه (به‌ترتیب ۳۴/۳۲ و ۷/۳۹ تن در هکتار) به‌ترتیب در شیراز و اصفهان ثبت شده و در بیرجند و گرگان به‌ترتیب حداقل علوفه و دانه تولید شدند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه (۶/۶۷ و ۵/۰۴ تن در هکتار) به‌ترتیب در لاین‌های KDFGS6 و KDFGS16 ثبت شد. بیشترین عملکرد علوفه سیلویی و ماده خشک، بیشترین ارتفاع بوته و کمترین طول خوشه در لاین MDFGS1 مشاهده شد. براساس درصد ماده خشک مناسب برای تولید علوفه سیلویی، مرحله خمیری نرم بهترین زمان برای برداشت علوفه سورگوم شناخته شد. بالاترین پایداری عملکرد دانه در لاین‌های MDFGS2، KDFGS6 و KDFGS10 و بیشترین پایداری عملکرد علوفه در لاین‌های KDFGS9، KDFGS6 و MDFGS1 مشاهده شد. براساس نتایج این تحقیق با در نظر گرفتن عملکرد و پایداری عملکرد، لاین KDFGS6 به عنوان برترین ژنوتیپ دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) سورگوم شناخته شد و لاین MDFGS1 برای تولید علوفه مناسب‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، پایداری عملکرد دانه، زمان برداشت، سورگوم و عملکرد علوفه سیلویی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۶۰۴۶۱-۰۴۳-۰۳۱۳-۰۳-۰۳ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد
۱- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه‌کننده)
(پست الکترونیک: f.golzardi@areeo.ac.ir)
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۴- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران
۵- محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۶- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۷- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۸- دانشیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

مقدمه

تغییرات اقلیمی و به دنبال آن گسترش خشکسالی‌ها در سال‌های اخیر، تولید محصولات زراعی و امنیت غذایی را با تهدید مواجه کرده است (Balazadeh *et al*., 2021; Farhadi *et al*., 2022). کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی است که اثرات منفی متعددی بر مراحل مختلف رشد و نمو گیاه داشته و نظام‌های کشاورزی و تولید غذا را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mofidian *et al*., 2020; Baghdadi *et al*., 2021). یکی از راهکارهای مؤثر برای ارتقای امنیت غذایی در شرایط محدودیت منابع آبی، اصلاح گیاهان زراعی متحمل به خشکی است (Khazaei, 2019). سورگوم با دارا بودن پتانسیل بالای تولید، سازگاری به شرایط گرم و خشک، تحمل به کم‌آبی و گرما، فصل رشد نسبتاً کوتاه و امکان قرار گرفتن در انواع تناوب‌های زراعی، یکی از مناسب‌ترین گیاهان علوفه‌ای برای زراعت در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران محسوب می‌شود (Ashoori *et al*., 2020; Baghdadi *et al*., 2021; Samdur *et al*., 2021). به‌علاوه قابلیت استفاده از سورگوم به صورت علوفه تازه، علوفه خشک، علوفه سیلویی، چرای مستقیم و پتانسیل بالای آن در تولید دانه و علوفه به طور همزمان، این گیاه را به جایگزین مناسبی برای ذرت تبدیل کرده است (Rafiee, 2018; Khazaei, 2020). در ژنوتیپ‌های دومنظوره سورگوم حتی پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، برگ‌ها و ساقه‌ها سبز و دارای کیفیت علوفه مناسبی هستند (Khazaei *et al*., 2021; Khazaei, 2020). از ارقام دومنظوره سورگوم می‌توان به‌صورت علوفه تازه و یا در صورت برداشت در زمان مناسب و دارا بودن ماده خشک بالا، به عنوان علوفه سیلویی استفاده کرد (Khalilian *et al*., 2021). علاوه بر این در صورت نیاز به دانه سورگوم می‌توان برداشت محصول را در مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک دانه انجام داد و با توجه به خاصیت سبزمانی این ارقام، از علوفه سبز باقیمانده نیز استفاده کرد (Khazaei *et al*., 2019).

زمان برداشت محصول یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد علوفه بوده و براساس هدف تولید و نوع مصرف (تهیه سیلاژ، علوفه تازه، علوفه خشک و چرای مستقیم) تعیین می‌شود (Rezvani Moghaddam *et al*., 2015; Ronga *et al*., 2020). اثر زمان برداشت بر عملکرد گیاهان علوفه‌ای توسط بسیاری از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است (Teixeira *et al*., 2017; Ronga *et al*, 2020). آتیس و همکاران (Atis *et al*., 2012) اثر زمان برداشت بر عملکرد علوفه سورگوم را بررسی و گزارش کردند که با پیشرفت بلوغ گیاه از مرحله ظهور خوشه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد ماده خشک گیاه افزایش یافت. لیون و همکاران (Lyons *et al*., 2019) نیز گزارش کردند که عملکرد ماده خشک سورگوم با پیشرفت مراحل رشد گیاه افزایش یافته و از ۱۰/۷ تن در هکتار در مرحله ساقه‌روی (بولتینگ) به ۱۵/۸ تن در هکتار در مرحله خمیری نرم رسید. کارول و جین (Carol and Gene, 2000) با بررسی اثر زمان برداشت (قبل از گل‌دهی، گل‌دهی، شیری و خمیری) بر عملکرد غلات زمستانه (گندم، جو، یولاف، چاودار و تریتیکاله) اظهار داشتند که برداشت در مرحله خمیری نسبت به مرحله قبل از گل‌دهی، عملکرد ماده خشک در این گیاهان را تا ۳۰ درصد افزایش داد. خلیلیان و همکاران (Khalilian *et al*., 2021) در ارزیابی عملکرد لاین‌های سورگوم عنوان نمودند که بیشترین عملکرد علوفه سیلویی (۱۰۱ تن در هکتار) در مرحله خمیری نرم دانه و بیشترین عملکرد ماده خشک (۳۸ تن در هکتار) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه به‌دست آمد. نظری و همکاران (Nazari *et al*., 2014) نیز در ارزیابی اثر زمان برداشت بر عملکرد علوفه ذرت نشان دادند که تأخیر در برداشت محصول از مرحله شیری تا مرحله خمیری باعث افزایش درصد و عملکرد ماده خشک شد.

ارزیابی پایداری عملکرد و سازگاری ژنوتیپ‌های گیاهی در شرایط مختلف محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Khazaei *et al*., 2021). برای معرفی

ژنوتیپ‌های پایدار لازم است آزمایش مقایسه عملکرد در چند محیط متفاوت انجام شود تا ژنوتیپ‌های برتر که حداقل اثرات متقابل با محیط را دارند، شناسایی شوند. یکی از روش‌های مرسوم برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، استفاده از آماره‌های تجزیه پایداری عملکرد تک‌متغیره است (Pour-Aboughadareh *et al*., 2019). به طور کلی ژنوتیپ‌هایی سازگار محسوب می‌شوند که ضمن تولید عملکرد نسبی بالا، پایداری عملکرد مناسبی هم داشته باشند (Khazaei *et al*., 2020; Khazaei *et al*., 2021).

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر مرحله برداشت بر صفات مورفولوژیک و عملکرد لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در شش مکان کشور انجام شده و طی آن پایداری عملکرد دانه و علوفه ژنوتیپ‌های سورگوم نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شش مکان (کرج، مشهد، اصفهان، بیرجند، شیراز و گرگان) طی سال‌های زراعی۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل زمان برداشت در چهار مرحله (شیری، خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیک دانه) و ژنوتیپ‌های سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در هفت سطح (لاین‌های امیدبخش KDFGS4، KDFGS6، KDFGS9، KDFGS10، KDFGS16، MDFGS1 و MDFGS2) بودند. لاین‌های امیدبخش سورگوم (جدول ۱) در آزمایشات مقدماتی و نیمه‌نهایی پتانسیل عملکرد قابل قبولی داشتند و برای آزمایش‌های تکمیلی انتخاب شدند. برای کاشت نسبت به تهیه زمین (شخم، دیسک و تسطیح) اقدام و کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی سورگوم انجام شد. میانگین دمای ماهانه هوای مکان‌های اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- اسامی و والدین لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای

Table 1. Name and parents of dual-purpose grain-forage sorghum promising lines

ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	والدین Parentage
KDFGS4	ICSV758 × K30
KDFGS6	PARC7 × Kimiya
KDFGS9	PV120 × K35
KDFGS10	KGS10 × LFS21
KDFGS16	Suph60 × K30
MDFGS1	ICSV121 × MGS3
MDFGS2	ICSV149 × MGS9

جدول ۲- میانگین دمای ماهانه مکان‌های اجرای آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 2. Monthly average temperature of the experiment locations (2017 and 2018)

سال Year	Month	ماه	کرج Karaj	گرگان Gorgan	اصفهان Esfahan	مشهد Mashhad	شیراز Shiraz	بیرجند Birjand
2017 ۱۳۹۶	May	اردیبهشت	20	21	20	21	22	22
	Jun.	خرداد	26	25	24	26	28	26
	Jul.	تیر	29	28	27	27	30	28
	Aug.	مرداد	27	28	26	25	28	26
	Sep.	شهریور	24	25	22	22	24	22
	Oct.	مهر	17	19	16	15	18	17
2018 ۱۳۹۷	May	اردیبهشت	19	21	21	22	23	23
	Jun.	خرداد	26	26	25	27	29	28
	Jul.	تیر	32	31	29	29	31	29
	Aug.	مرداد	29	30	28	26	30	27
	Sep.	شهریور	24	27	23	23	26	23
	Oct.	مهر	17	21	17	17	20	18

هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول شش متر و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر بود و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت، نه سانتی‌متر در نظر گرفته شد (تراکم بوته ۱۸۵ هزار بوته در هکتار بود). فاصله بین بلوک‌های آزمایشی، دو متر در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای و پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از سطح تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش ارادیکان به میزان پنج لیتر در هکتار (به‌صورت پیش‌کاشت) و علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌ای به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار (به‌صورت پس‌رویشی) در مرحله ۶ برگی بوته‌های سورگوم استفاده شد (Khazaei *et al*., 2019). برداشت محصول علوفه هر کرت بر اساس تیمارهای آزمایشی (مراحل شیری، خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیک دانه؛ به‌ترتیب معادل کدهای ۷۵، ۸۵، ۸۷ و ۸۹ مقیاس BBCH) انجام شد. در مرحله شیری، دانه‌ها به اندازه نهایی خود رسیده‌اند، ولی هنوز سبز رنگ بوده و با فشردن دانه‌ها، مایع شیری رنگ از آنها خارج می‌شود. در مرحله خمیری نرم، محتوای دانه‌ها از مایع به جامد نرم تبدیل شده و در اثر فشار با ناخن، اثری روی دانه باقی نمی‌ماند. در مرحله خمیری سخت، محتوای دانه‌ها به جامد سخت تبدیل شده و اثر ناخن روی دانه باقی می‌ماند. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، یک لایه سیاه رنگ در محل اتصال دانه به گلوم به وجود می‌آید (Khazaei *et al*., 2019). جهت تعیین عملکرد علوفه سیلویی، محصول دو ردیف وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها، برداشت و بلافاصله توزین شد. به‌منظور تعیین عملکرد ماده خشک، از هر کرت سه بوته متوالی روی ردیف به‌طور تصادفی انتخاب و توزین شدند. نمونه‌ها در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت (تا ثابت شدن وزن نمونه) خشکانده شده و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. بر اساس میزان کاهش وزن نمونه‌ها و درصد ماده خشک آن‌ها، عملکرد علوفه خشک در هر کرت محاسبه شد.

به‌منظور بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در مکان‌های اجرای آزمایش از آزمون بارتلت استفاده شد. با توجه به اینکه واریانس خطای عملکرد علوفه و صفات مورفولوژیک در گرگان با سایر مکان‌ها همگن نبود، تجزیه واریانس داده‌های این مکان بطور جداگانه انجام شد. برای نرمال‌سازی پراکنش داده‌های غیرنرمال (ارتفاع بوته و قطر ساقه)، تبدیل داده به لگاریتم انجام شد. برای اجرای تجزیه مرکب عوامل سال، مکان، زمان برداشت و بلوک به عنوان اثر تصادفی و ژنوتیپ به عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه پایداری عملکرد دانه و علوفه با آماره‌های پارامتریک و ناپارامتریک تک‌متغیره با استفاده از برنامه STABILITYSOFT انجام شد (Pour-Aboughadareh *et al*., 2019). آماره‌های پارامتریک شامل اکووالانس ریک (W_i^2) (Wricke, 1962)، واریانس پایداری شوکلا (σ^2_i) (Shukla, 1972)، انحراف از رگرسیون ابرهارت و راسل (s^2d_i) (Eberhart and Russell, 1966)، ضریب واریانس فرانسیس و کانبرگ (CVi) (Francis and Kannenberg, 1978)، مولفه واریانس ژنوتیپ در محیط پالیستد ($\theta_{(i)}$) (Plaisted, 1960) و مولفه میانگین واریانس پالیستد و پترسون (θ_i) (Plaisted and Peterson, 1959) بودند. آماره‌های ناپارامتریک نیز شامل آماره‌های تنارازو ($NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$, and $NP^{(4)}$) (Thennarasu, 1995)، آماره‌های ناسار و هون ($S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$, and $S^{(6)}$) (Huhn, 1990; Nassar and Huhn, 1987) و مجموع رتبه کنگ (KR) (Kang, 1993) بودند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال،

زمان برداشت، ژنوتیپ، برهمکنش زمان برداشت در ژنوتیپ، مکان، برهمکنش سال در مکان و برهمکنش سال در مکان در زمان برداشت در ژنوتیپ بر عملکرد علوفه سیلویی برای مکان‌های کرج، اصفهان، مشهد، بیرجند و شیراز که واریانس خطای همگنی داشتند، معنی‌دار بود. در گرگان نیز اثر سال، ژنوتیپ، برهمکنش سال در زمان برداشت و برهمکنش سال در ژنوتیپ بر عملکرد علوفه سیلویی معنی‌دار بود.

عملکرد علوفه سیلویی در سال اول (۷۴/۴۷ تن در هکتار) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (۷۲/۱۳ تن در هکتار) بود (جدول ۳). این موضوع می‌تواند با دمای بیشتر هوا در سال دوم (جدول ۲) و متعاقب آن کاهش طول دوره رویشی و زودرسی ژنوتیپ‌های سورگوم مرتبط باشد. در گرگان نیز نتایج مشابهی مشاهده شد و عملکرد علوفه سیلویی در سال دوم حدود ۲۴ درصد کمتر بود (جدول ۴). در بین مکان‌های آزمایش، بیشترین و کمترین عملکرد علوفه سیلویی (به‌ترتیب ۱۱۶/۵۴ و ۳۱/۳۹ تن در هکتار) به‌ترتیب در شیراز و بیرجند ثبت شد (جدول ۳). حداقل عملکرد علوفه سیلویی در کلیه ژنوتیپ‌های سورگوم در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ثبت شد، درحالی که مرحله رشدی حصول بیشترین عملکرد در ژنوتیپ‌های سورگوم متفاوت بود، به‌نحوی که حداکثر عملکرد علوفه لاین‌های KDFGS4، KDFGS6 و KDFGS10 در مرحله شیری و حداکثر عملکرد علوفه لاین‌های MDFGS1، MDFGS2، KDFGS9 و KDFGS16 در مرحله خمیری نرم حاصل شد (شکل ۱). در کلیه زمان‌های برداشت، حداکثر عملکرد علوفه سیلویی در لاین MDFGS1 ثبت شد و حداقل عملکرد علوفه در مراحل شیری تا خمیری سخت در لاین KDFGS16 و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در لاین KDFGS9 مشاهده شد (شکل ۱). حداکثر و حداقل عملکرد علوفه سیلویی در گرگان (به‌ترتیب ۸۰/۱۲ و ۴۵/۱۷ تن در هکتار) به‌ترتیب در لاین‌های MDFGS1 و KDFGS4 ثبت شد (جدول ۴). خزائی (Khazaei, 2020) با ارزیابی ژنوتیپ‌های دومنظوره سورگوم در شرایط آب و هوایی کرج گزارش کرد که عملکرد علوفه سیلویی در ژنوتیپ‌های مختلف بین ۴۱ تا ۵۲ تن در هکتار متغیر بود. بیشتر بودن میانگین عملکرد علوفه سیلویی در آزمایش حاضر مربوط به لاین جدید MDFGS1 است که پتانسیل تولید علوفه بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های سورگوم مورد بررسی داشت.

مقایسه میانگین مربوط به برهمکنش زمان برداشت در ژنوتیپ نشان داد که حداکثر عملکرد علوفه سیلویی (۹۰/۴۶ تن در هکتار) از لاین MDFGS1 در مرحله خمیری نرم حاصل شد که البته تفاوت معنی‌داری با لاین MDFGS2 در همان مرحله رشد (۸۷/۱۹ تن در هکتار) نداشت. حداقل عملکرد علوفه (۵۸/۵۷ تن در هکتار) نیز در لاین KDFGS9 در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ثبت شد (شکل ۱). کاهش عملکرد علوفه سیلویی با پیشرفت مرحله بلوغ می‌تواند با فرایند خشک شدن و کاهش میزان رطوبت گیاه پس از تشکیل دانه مرتبط باشد (Teixeira *et al*., 2017; Ronga *et al*., 2020). کارول و جین (Carol and Gene, 2000) با بررسی اثر زمان‌های برداشت در مراحل قبل از گل‌دهی، گل‌دهی، شیری و خمیری بر عملکرد علوفه گندم، جو، یولاف، چاودار و تریتیکاله نتایج مشابهی را گزارش کردند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مکان، زمان برداشت و برهمکنش سال در مکان، زمان برداشت در ژنوتیپ و سال در مکان در زمان برداشت در ژنوتیپ بر عملکرد ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم معنی‌دار بود. در گرگان عملکرد ماده خشک به طور معنی‌داری تحت تأثیر سال، ژنوتیپ و زمان برداشت قرار گرفت. مقایسه میانگین‌های اثر مکان نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک (۳۴/۳۲ تن در هکتار) در شیراز و کمترین مقدار آن (۱۲/۰۷ تن در هکتار) در بیرجند بدست آمد (جدول ۳). در گرگان عملکرد ماده خشک

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و عملکرد علوفه سیلویی لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در تیمارهای سال، مکان، زمان برداشت و ژنوتیپ

Table 3. Mean comparison of morphological traits and silage yield of dual-purpose grain-forage sorghum promising lines in year, location, harvest time and genotype treatments

Treatments		تیمارهای آزمایشی	عملکرد علوفه سیلویی Silage yield (ton.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک Dry mater yield (ton.ha^{-1})	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)
سال Year	2017	۱۳۹۶	74.47a	25.09a	152.8a	1.96a	25.4a
	2018	۱۳۹۷	72.13b	24.62a	151.2a	1.91b	24.6b
مکان Location	Karaj	کرج	83.89b	28.94b	154.7c	1.84c	25.6b
	Esfahan	اصفهان	87.11b	29.46b	138.4d	1.74d	24.7b
	Mashhad	مشهد	47.59c	19.47c	182.5a	2.00b	29.6a
	Birjand	بیرجند	31.39d	12.07d	114.9e	1.71d	20.5c
	Shiraz	شیراز	116.54a	34.32a	169.6b	2.38a	24.6b
ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	KDFGS4		72.36bc	24.73b	145.3d	1.99a	24.4b
	KDFGS6		72.80bc	24.70b	151.3bc	1.94a	28.2a
	KDFGS9		69.45bc	23.46b	136.5e	1.90a	24.2b
	KDFGS10		72.66bc	24.72b	150.3bc	1.92a	27.6a
	KDFGS16		64.69c	22.66b	148.0cd	1.81a	24.4b
	MDFGS1		84.57a	29.65a	180.3a	2.02a	20.6c
	MDFGS2		76.59ab	24.05b	152.4b	1.96a	25.5ab
زمان برداشت Harvest time	Milk stage	شیری	77.20a	22.08b	153.6a	1.96a	25.0a
	Soft dough	خمیری نرم	77.05a	23.51b	150.1a	1.96a	25.2a
	Hard dough	خمیری سخت	73.44ab	25.51ab	151.8a	1.90a	24.3a
	Maturity	رسیدگی فیزیولوژیک	65.51b	28.31a	152.5a	1.92a	25.5a

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey’s test

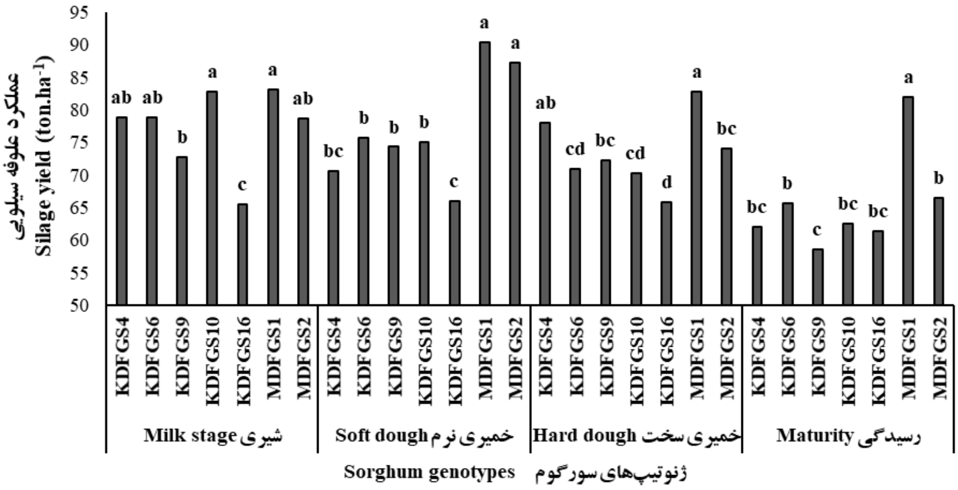
جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و عملکرد علوفه سیلویی لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در تیمارهای سال، مکان، زمان برداشت و ژنوتیپ در گرگان

Table 4. Mean comparison of morphological traits and silage yield of dual-purpose grain-forage sorghum promising lines in year, location, harvest time and genotype treatments at Gorgan

Treatments		تیمارهای آزمایشی	عملکرد علوفه سیلویی Silage yield (ton.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک Dry mater yield (ton.ha^{-1})	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)
سال Year	2017	۱۳۹۶	63.73a	13.32a	168.7a	1.57a	26.5a
	2018	۱۳۹۷	48.38b	10.14b	159.0b	1.49b	25.4a
ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	KDFGS4		45.17b	9.45b	149.9c	1.34d	24.2b
	KDFGS6		54.68b	11.46b	167.4b	1.39d	26.0c
	KDFGS9		54.30b	11.37b	150.6bc	1.49c	28.3a
	KDFGS10		55.79b	11.65b	152.6bc	1.62b	26.2ab
	KDFGS16		51.85b	10.85b	155.8bc	1.51c	27.9a
	MDFGS1		80.11a	16.77a	221.7a	1.74a	21.1c
	MDFGS2		50.49b	10.54b	149.1c	1.64b	27.8a
زمان برداشت Harvest time	Milk stage	شیری	59.27a	10.67b	168.6a	1.54a	26.9a
	Soft dough	خمیری نرم	55.62a	11.12b	159.9a	1.52a	25.3a
	Hard dough	خمیری سخت	55.53a	12.21a	164.1a	1.52a	25.8a
	Maturity	رسیدگی فیزیولوژیک	53.80a	12.91a	162.9a	1.55a	25.8a

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey’s test

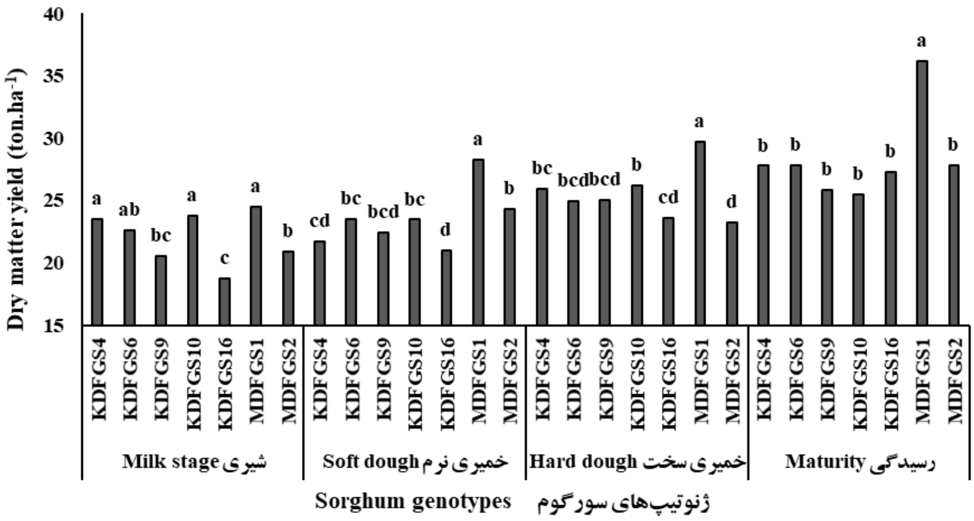


شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد علوفه سیلویی لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و ژنوتیپ (برش‌دهی روی زمان برداشت)

Fig. 1. Mean comparison of silage yield of dual-purpose grain-forage sorghum promising lines in interaction effect of harvest time and genotype

در سال اول (۱۳/۳۲ تن در هکتار) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (۱۰/۱۴ تن در هکتار) بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که در اکثر ژنوتیپ‌های سورگوم مورد بررسی (لاین‌های KDFGS6، KDFGS9، KDFGS16، MDFGS1 و MDFGS2) با افزایش سن گیاه، عملکرد ماده خشک به‌طور خطی افزایش یافت به‌طوری‌که حداقل و حداکثر عملکرد ماده خشک به‌ترتیب در مراحل شیری و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه حاصل شد (شکل ۲). در لاین KDFGS4 حداقل عملکرد ماده خشک در مرحله خمیری نرم و حداکثر آن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دانه ثبت شد، درحالی‌که در لاین KDFGS10 تفاوت معنی‌داری بین عملکرد ماده خشک در مراحل مختلف برداشت وجود نداشت. به‌طور کلی روند تغییرات عملکرد ماده خشک با افزایش سن گیاه افزایشی بود و تفاوت قابل توجهی با روند تغییرات عملکرد علوفه سیلویی داشت (شکل ۲). در گرگان نیز روند مشابهی وجود داشت و عملکرد ماده خشک در برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به مرحله شیری دانه، حدود ۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۴). بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک در گرگان (به‌ترتیب ۱۶/۷۸ و ۹/۴۵ تن در هکتار) به‌ترتیب در لاین‌های MDFGS1 و KDFGS4 حاصل شد (جدول ۴). خزائی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2020) با ارزیابی ژنوتیپ‌های سورگوم دومنظوره در دو سال و شش مکان گزارش کردند که بیشترین عملکرد ماده خشک در لاین‌های KDFGS4 و KDFGS26 (به‌ترتیب ۲۶/۲ و ۲۶/۱ تن در هکتار) ثبت شد.

نتایج نشان داد که در کلیه زمان‌های برداشت، حداکثر عملکرد ماده خشک در لاین MDFGS1 بدست آمد، هر چند در مرحله شیری دانه، لاین‌های KDFGS4، KDFGS10 و KDFGS6 نیز از نظر عملکرد ماده خشک در گروه آماری برتر قرار گرفتند. مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و ژنوتیپ نشان داد که حداکثر عملکرد ماده خشک (۳۶/۱۴ تن در هکتار) در لاین MDFGS1 و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و کمترین مقدار آن (۱۸/۷۵ تن در هکتار) در لاین KDFGS16 و مرحله شیری دانه حاصل شد (شکل ۲). محمد و همکاران (Muhammad *et al.*, 2002) نیز



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در برهمکنش تیمارهای زمان برداشت و ژنوتیپ (برش‌دهی روی زمان برداشت)

Fig. 2. Mean comparison of dry matter yield of dual-purpose grain-forage sorghum promising lines in interaction effect of harvest time and genotype (sliced upon harvesting time)

گزارش کردند که در سورگوم با افزایش سن گیاه، عملکرد ماده خشک افزایش یافت و بیشترین عملکرد ماده خشک (۲۶ تن در هکتار) در زمان برداشت ۷۵ روز بعد از کاشت و کمترین مقدار آن (هشت تن در هکتار) در زمان برداشت ۴۵ روز بعد از کاشت حاصل شد. مهاجر و همکاران (Mohajer *et al*., 2012) نیز با ارزیابی اثر مراحل برداشت (گل‌دهی، شیری و رسیدگی فیزیولوژیک دانه) در ارزن معمولی گزارش کردند که با افزایش رشد، عملکرد ماده خشک افزایش یافته و بیشترین مقدار آن در مرحله رسیدگی و کمترین مقدار آن در مرحله گل‌دهی حاصل شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال تنها بر قطر ساقه و طول خوشه معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر مکان بر کلیه صفات مورفولوژیک و اثر ژنوتیپ بر ارتفاع بوته و طول خوشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در گرگان نیز اثر ژنوتیپ بر تمام صفات معنی‌دار بود. در بین مکان‌های آزمایش بیشترین ارتفاع بوته (۱۸۲/۵ سانتی‌متر) در مشهد و کمترین مقدار آن (۱۱۴/۹ سانتی‌متر) در بیرجند مشاهده شد (جدول ۳). ارتفاع بوته در گرگان در سال دوم به طور معنی‌داری کمتر بود که این موضوع می‌تواند با گرم‌تر بودن هوا در سال دوم آزمایش (جدول ۲) و زودرسی لاین‌ها مرتبط باشد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های سورگوم بیشترین و کمترین ارتفاع بوته (۱۸۰/۳ و ۱۳۶/۵ سانتی‌متر) به‌ترتیب در لاین‌های MDFGS1 و KDFGS9 ثبت شد (جدول ۳). در گرگان نیز حداکثر ارتفاع بوته (۲۲۱/۷ سانتی‌متر) در لاین MDFGS1 مشاهده شد (جدول ۴). قطر ساقه در سال اول (۱/۹۵ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (۱/۹۱ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). در گرگان نیز میانگین قطر ساقه در سال دوم حدود پنج درصد کمتر بود (۱/۴۹ سانتی‌متر) (جدول ۴). در بین مکان‌های آزمایش بیشترین قطر ساقه (۲/۳۷ سانتی‌متر) در شیراز و کمترین مقدار آن (۱/۷۱ سانتی‌متر) در بیرجند مشاهده شد. در گرگان لاین MDFGS1 با ۱/۷۴ سانتی‌متر حداکثر قطر ساقه را داشت (جدول ۴). قطر ساقه در مراحل مختلف برداشت

تفاوت معنی‌داری نداشت. ماندیک و همکاران (Mandic *et al.*, 2018) در ارزیابی اثر زمان برداشت بر خصوصیات ذرت گزارش کردند که قطر ساقه با تأخیر در برداشت افزایش می‌یابد که با نتایج آزمایش حاضر متفاوت بود. طول خوشه در سال اول (۲۵/۴ سانتی‌متر) به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم (۲۴/۶ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). در بین مکان‌های آزمایش بیشترین طول خوشه (۲۹/۶ سانتی‌متر) در مشهد و کمترین مقدار آن (۲۰/۵ سانتی‌متر) در بیرجند مشاهده شد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های سورگوم نیز بیشترین طول خوشه (۲۸/۲ سانتی‌متر) مربوط به لاین KDFGS6 و کمترین مقدار آن (۲۰/۶ سانتی‌متر) مربوط به لاین MDFGS1 بود (جدول ۳). در گرگان نیز حداکثر و حداقل طول خوشه (۲۸/۳ و ۲۱/۱ سانتی‌متر) به‌ترتیب در لاین‌های KDFGS9 و MDFGS1 ثبت شد (جدول ۴). بین طول خوشه در مراحل مختلف برداشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، با این‌حال آتیس و همکاران (Atis *et al.*, 2012) گزارش نمودند که طول خوشه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بیشتر از مراحل ظهور خوشه و شیری شدن دانه‌ها بود.

با توجه به عدم همگنی واریانس خطای عملکرد دانه، تجزیه واریانس هر مکان به طور جداگانه انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر عملکرد دانه در اصفهان و گرگان در سطح احتمال یک درصد و در کرج در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی در مشهد، بیرجند و شیراز بین دو سال آزمایش، تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود نداشت. نتایج مقایسه میانگین اثر سال نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در کرج، اصفهان و گرگان (به‌ترتیب ۶/۴۴، ۸/۷۵ و ۱/۹۰ تن در هکتار) در سال اول آزمایش حاصل شد، درحالی‌که میزان عملکرد دانه در کرج، اصفهان و گرگان در سال دوم با کاهش به‌ترتیب ۲۲/۴، ۳۱/۱ و ۱۸/۶ درصدی نسبت به سال قبل به ۴/۹۹، ۶/۰۳ و ۱/۵۵ تن در هکتار رسید (جدول ۵).

در شیراز نیز عملکرد دانه در سال دوم (۴/۸۵ تن در هکتار) با کاهش ۱۰/۲ درصدی نسبت به سال اول (۵/۴۰ تن در هکتار) کمتر بود که البته این کاهش معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد دانه در سال دوم، با افزایش دمای هوا (جدول ۲) به‌خصوص در زمان گرده‌افشانی بوته‌های سورگوم که باعث عقیمی دانه‌های گرده می‌شود (Khazaei *et al.*, 2019) مرتبط باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه در هر شش مکان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در کرج بیشترین عملکرد دانه (۶/۸۴ تن در هکتار) از لاین KDFGS6 حاصل شد و لاین‌های KDFGS4، KDFGS9 و KDFGS10 نیز به‌ترتیب با ۶/۱۲، ۶/۲۰ و ۶/۰۹ تن در هکتار، تفاوت معنی‌داری با لاین KDFGS6 نداشتند و در گروه آماری برتر قرار گرفتند. کمترین عملکرد دانه (۴/۰۶ تن در هکتار) در کرج نیز مربوط به لاین KDFGS16 بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اصفهان نشان داد که لاین MDFGS1 با عملکرد ۸/۲۱ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشته و با لاین‌های KDFGS4، KDFGS6، KDFGS9، KDFGS10 و MDFGS1 در یک گروه آماری قرار گرفت. لاین KDFGS16 کمترین عملکرد دانه (۵/۰۶ تن در هکتار) را دارا بود (جدول ۵). در مشهد بیشترین و کمترین عملکرد دانه (۷/۱۶ و ۴/۶۱ تن در هکتار) به‌ترتیب در لاین‌های KDFGS4 و KDFGS9 مشاهده شد. در بیرجند لاین KDFGS10 بیشترین عملکرد دانه (۷/۹۶ تن در هکتار) را داشته و کمترین مقدار آن (۵/۳۴ تن در هکتار) در لاین KDFGS4 بدست آمد. در گرگان لاین KDFGS6 با عملکرد ۲/۰۷ تن درهکتار بیشترین عملکرد دانه و لاین MDFGS1 با عملکرد ۱/۳۷ تن در هکتار کمترین عملکرد را داشت. در شیراز بیشترین و کمترین عملکرد دانه (۶/۷۵ و ۴/۴۶ تن در هکتار) به‌ترتیب در لاین‌های MDFGS1 و

KDFGS9 مشاهده شد (جدول ۵). در بین مکان‌های آزمایش بیشترین میانگین عملکرد دانه مربوط به اصفهان و پس از آن بیرجند بود و کمترین عملکرد دانه در گرگان حاصل شد. در مجموع در بین ژنوتیپ‌های سورگوم مورد بررسی بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در لاین‌های KDFGS6 و KDFGS16 ثبت شد. خزائی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2020) نیز با ارزیابی ده لاین دومنظوره سورگوم در ۱۲ محیط گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۸/۷۱ تن در هکتار) در لاین KDFGS9 و پس از آن در لاین KDFGS6 (۸/۴۲ تن در هکتار) حاصل شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره دانه‌ای-علوفه‌ای در شش مکان در تیمارهای سال و ژنوتیپ

Table 5. Mean comparison of grain yield of dual-purpose grain-forage sorghum promising lines at six locations in year and genotype treatments

		Grain yield (ton.ha^{-1}) عملکرد دانه					
Treatments	تیمارهای آزمایشی	کرج Karaj	اصفهان Esfahan	مشهد Mashhad	بیرجند Birjand	گرگان Gorgan	شیراز Shiraz
سال Year	2017 ۱۳۹۶	6.44a	8.75a	5.81a	6.42a	1.90a	5.40a
	2018 ۱۳۹۷	4.99b	6.03b	6.02a	6.86a	1.55b	4.85a
ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	KDFGS4	6.12ab	7.21a	7.16a	5.34d	1.77b	4.82bc
	KDFGS6	6.84a	7.32a	6.76ab	7.70ab	2.07a	4.70bc
	KDFGS9	6.20ab	8.21a	4.61c	6.78bc	1.71b	4.46c
	KDFGS10	6.08ab	7.63a	5.79b	7.96a	1.84b	5.06bc
	KDFGS16	4.06d	5.06b	4.70c	6.80bc	1.80b	4.55bc
	MDFGS1	4.96cd	8.21a	5.83b	5.35d	1.37c	6.75a
	MDFGS2	5.74bc	8.08a	6.53ab	6.54c	1.51c	5.51b

در هر ستون و برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column and for each treatment followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey’s test

نتایج تجزیه پایداری بر اساس عملکرد ماده خشک در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به شاخص واریانس پایداری شوکلا، لاین‌های KDFGS9، KDFGS6 و MDFGS2 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد ماده خشک شناسایی شدند. شاخص‌های ریک، انحراف از رگرسیون و واریانس ژنوتیپ در محیط نیز نتایج مشابهی را نشان دادند و لاین‌های KDFGS9 و KDFGS6 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار از نظر تولید ماده خشک شناخته شدند. از نظر شاخص مجموع رتبه کنگ، لاین‌های KDFGS9، KDFGS6 و MDFGS2 پایدارترین تولید ماده خشک را داشتند، اما بر اساس آماره‌های ناسار و هیون، لاین MDFGS1 بیشترین پایداری را داشته و پس از آن لاین‌های KDFGS9 و KDFGS6 پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. در مجموع با توجه به مجموع رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر انواع شاخص‌های پایداری، لاین‌های KDFGS9، KDFGS6 و MDFGS1 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر تولید ماده خشک شناسایی شدند (جدول ۶). خزائی و همکاران (Khazaei *et al.*, 2020) نیز پایداری عملکرد علوفه ژنوتیپ‌های سورگوم دومنظوره را در شش مکان در دو سال زراعی ارزیابی کرده و لاین‌های KDFGS4 و KDFGS26 را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار از نظر عملکرد علوفه با سازگاری بالا معرفی کردند.

جدول ۶- آماره‌های پایداری پارامتری و ناپارامتری بر اساس عملکرد ماده خشک لاین‌های سورگوم دومنظوره دانه‌ای- علوفه‌ای در شش مکان (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 6. Parametric and non-parametric stability statistics based on dry matter yield of grain-forage dual-purpose sorghum lines at six locations (2017 and 2018)

ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	Y	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	W_i^2	σ^2_i	s^2d_i	b_i	CVi	$\theta_{(i)}$	θ_i	KR	SR
KDFGS4	19.62	2.58	4.97	16.40	6.60	2.25	0.60	0.74	0.77	145.69	16.42	17.67	0.84	42.59	9.65	14.10	12	97
KDFGS6	21.43	2.12	3.24	8.56	4.32	1.58	0.33	0.43	0.51	49.80	4.21	7.03	0.97	42.38	11.69	9.01	5	48
KDFGS9	20.45	1.77	2.45	7.51	4.42	1.25	0.33	0.44	0.49	43.15	3.37	6.14	1.01	46.02	11.83	8.66	6	42
KDFGS10	21.37	1.98	2.99	8.40	4.34	1.25	0.40	0.41	0.51	138.24	15.47	18.91	1.08	48.64	9.81	13.70	9	64
KDFGS16	19.18	1.95	3.11	12.45	6.55	1.42	1.08	0.58	0.71	95.47	10.03	9.20	0.81	40.52	10.72	11.43	11	73
MDFGS1	26.18	1.29	2.20	3.88	1.92	2.08	0.37	0.35	0.21	146.60	16.53	16.93	1.18	42.62	9.63	14.15	8	70
MDFGS2	21.91	2.26	3.72	10.45	4.85	2.00	0.45	0.60	0.58	81.93	8.30	10.52	1.10	46.86	11.01	10.72	5	51

Y: Dry matter yield; $S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$, and $S^{(6)}$: Huhn's and Nassar and Huhn's non-parametric statistics; $NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$, and $NP^{(4)}$: Thennarasu's non-parametric statistics; W_i^2: Wricke's ecovalence; σ^2_i: Shukla's stability variance; s^2d_i: Deviation from regression; b_i: Regression coefficient; CVi: Coefficient of variance; $\theta_{(i)}$: GE variance component; θ_i: Mean variance component; KR: Kang's rank-sum; SR: Sum of ranks

جدول ۷- آماره‌های پایداری پارامتری و ناپارامتری بر اساس عملکرد دانه لاین‌های سورگوم دومنظوره دانه‌ای- علوفه‌ای در شش مکان (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 7. Parametric and non-parametric stability statistics based on grain yield of grain-forage dual-purpose sorghum lines at six locations (2017 and 2018)

ژنوتیپ‌های سورگوم Sorghum genotypes	Y	$S^{(1)}$	$S^{(2)}$	$S^{(3)}$	$S^{(6)}$	$NP^{(1)}$	$NP^{(2)}$	$NP^{(3)}$	$NP^{(4)}$	W_i^2	σ^2_i	s^2d_i	b_i	CVi	$\theta_{(i)}$	θ_i	KR	SR
KDFGS4	5.41	2.18	3.42	9.83	4.70	1.42	0.43	0.46	0.57	10.64	1.14	1.46	0.90	37.75	1.03	1.19	10	69
KDFGS6	5.90	2.38	4.75	9.95	4.19	1.58	0.32	0.36	0.45	8.61	0.89	1.21	1.05	38.56	1.07	1.08	3	52
KDFGS9	5.33	2.12	3.24	9.30	4.70	1.75	0.45	0.52	0.55	8.76	0.91	1.21	1.08	43.70	1.07	1.09	9	67
KDFGS10	5.73	2.06	3.24	7.38	3.38	1.33	0.30	0.39	0.43	8.85	0.92	1.23	1.07	40.52	1.06	1.10	6	47
KDFGS16	4.50	1.85	2.61	10.75	6.50	2.00	0.83	0.85	0.69	10.86	1.17	0.98	0.70	35.68	1.02	1.20	13	80
MDFGS1	5.66	2.64	5.42	18.84	7.16	1.58	0.73	0.69	0.83	18.33	2.12	2.57	1.09	46.48	0.86	1.60	11	33
MDFGS2	5.42	1.80	2.45	6.09	3.66	1.50	0.25	0.41	0.41	2.82	0.15	0.33	1.11	39.98	1.19	0.78	4	97

Y: Grain yield; $S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$, and $S^{(6)}$: Huhn's and Nassar and Huhn's non-parametric statistics; $NP^{(1)}$, $NP^{(2)}$, $NP^{(3)}$, and $NP^{(4)}$: Thennarasu's non-parametric statistics; W_i^2: Wricke's ecovalence; σ^2_i: Shukla's stability variance; s^2d_i: Deviation from regression; b_i: Regression coefficient; CVi: Coefficient of variance; $\theta_{(i)}$: GE variance component; θ_i: Mean variance component; KR: Kang's rank-sum; SR: Sum of ranks

نتایج تجزیه پایداری بر اساس عملکرد دانه در جدول ۷ ارائه شده است. با توجه به شاخص شوکلا، لاین‌های MDFGS2، KDFGS6 و KDFGS9 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه شناسایی شدند. شاخص ریک و واریانس ژنوتیپ در محیط نیز نتایج مشابهی را نشان دادند و لاین‌های MDFGS2، KDFGS6 و KDFGS9 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار از نظر تولید دانه شناخته شدند (جدول ۷). از نظر شاخص مجموع رتبه کنگ، لاین KDFGS6 پایدارترین تولید دانه را داشت. با توجه به مجموع رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر انواع شاخص‌های پایداری، لاین‌های MDFGS2، KDFGS6 و KDFGS10 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها از نظر تولید دانه شناخته شدند (جدول ۷).

با توجه به مجموع نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه و علوفه، لاین KDFGS6 به‌عنوان پایدارترین ژنوتیپ سورگوم دومنظوره دانه‌ای- علوفه‌ای قابل معرفی است. خزائی و همکاران (Khazaei *et al*., 2020) نیز گزارش کردند که لاین‌های KDFGS6 و KDFGS9 پایدارترین ژنوتیپ‌های سورگوم دومنظوره از نظر تولید دانه بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تولید علوفه و ماده خشک در لاین‌های امیدبخش سورگوم دومنظوره به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان برداشت قرار گرفته و کمترین عملکرد علوفه سیلویی و بیشترین عملکرد ماده خشک در کلیه لاین‌های مورد ارزیابی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بدست آمد. در عین حال صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول خوشه) واکنش معنی‌داری به زمان برداشت نداشتند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در لاین‌های KDFGS6 و KDFGS16 ثبت شد، درحالی که حداکثر عملکرد علوفه سیلویی و ماده خشک در کلیه زمان‌های برداشت در لاین MDFGS1 بدست آمد. در بین ژنوتیپ‌های سورگوم مورد ارزیابی، لاین MDFGS1 بیشترین ارتفاع بوته را داشت، هر چند طول خوشه آن از سایر لاین‌ها کمتر بود. در بین مکان‌های آزمایش بیشترین و کمترین میزان علوفه به‌ترتیب در شیراز و بیرجند و حداکثر و حداقل عملکرد دانه به‌ترتیب در اصفهان و گرگان به دست آمد. با توجه به درصد ماده خشک علوفه، مرحله خمیری نرم مناسب‌ترین زمان برداشت علوفه با هدف تولید سیلاژ شناخته شد.

نتایج تجزیه پایداری عملکرد به روش‌های پارامتری و ناپارامتری نشان داد که لاین‌های MDFGS2، KDFGS6 و KDFGS10 از نظر عملکرد دانه و لاین‌های KDFGS9، KDFGS6 و MDFGS1 از نظر عملکرد علوفه بیشترین پایداری را داشتند. با توجه به پایداری عملکرد دانه و علوفه، لاین KDFGS6 به عنوان پایدارترین ژنوتیپ سورگوم دومنظوره دانه‌ای- علوفه‌ای شناخته شد. با در نظر گرفتن همزمان عملکرد و پایداری، لاین MDFGS1 با هدف تولید علوفه و لاین KDFGS6 با هدف تولید دانه- علوفه قابل‌توصیه هستند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در اجرای این پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۹۶۰۴۶۱-۰۴۳-۰۳۱۳-۰۳-۰۳ سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Ashoori, N., M. Abdi, F. Golzardi, J. Ajalli and M. N. Ilkaee. 2020. Effect of additive and replacement intercropping ratios of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) on forage production. Iran. J. Crop Sci. 22(3): 239-251. (In Persian with English Abstract).

Atis, I., O. Konuskan, M. Duru, H. Gozubenli and Ş. Yilmaz .2012. Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. Int. J. Agric. Biol. 14: 879-886.

Baghdadi, A., F. Paknejad, F. Golzardi, M. Hashemi and M. N. Ilkaee. 2021. Suitability and benefits from intercropped sorghum–amaranth under partial root ‐ zone irrigation. J. Sci. Food Agric. 101(14): 5918-5926.

Balazadeh, M., M. Zamanian, F. Golzardi and A. Mohammadi Torkashvand. 2021. Effects of limited irrigation on forage yield, nutritive value and water use efficiency of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) compared to Berseem clover (*Trifolium alexandrinum*). Commun. Soil Sci. Plant. 52(16): 1927-1942.

Carol, C. and A. Gene. 2000. Harvest stage effects on yield and quality of winter forage. 31st California Alfalfa and Forage Symposium: 12-13 December, 2001, Modesto, CA, UC Cooperative Extension University of California, Davis. USA.

Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6(1): 36-40.

Farhadi, A., F. Paknejad, F. Golzardi, M. N. Ilkaee and F. Aghayari. 2022. Effects of limited irrigation and nitrogen rate on the herbage yield, water productivity, and nutritive value of sorghum silage. Commun. Soil Sci. Plant. 53(5): 576-589.

Francis, T. R. and G. N. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. A descriptive method for grouping genotypes. Can. J. Plant Sci. 58(4): 1029-1034.

Huhn, M. 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. Euphytica. 47: 189-194.

Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for growers. Agron. J. 85(3): 754-757.

Khalilian, M. E., D. Habibi, F. Golzardi, F. Aghayari and A. Khazaei. 2021. Yield evaluation of promising lines of dual-purpose grain-forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) at different harvesting times. Cereal Res. 11(2): 135-147. (In Persian with English Abstract).

Khazaei, A. 2019. Effect of deficit irrigation and within row spacing on morphological traits and grain yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines. Iran. J. Crop Sci. 21(2): 96-108. (In Persian with English Abstract).

Khazaei, A., A. Fouman, V. Rahjoo and F. Golzardi. 2019. Sorghum cultivation (Handbook). Agricultural Education Publication, Teharn, Iran. (In Persian).

Khazaei, A. 2020. Evaluation of yield of promising dual purpose grain-forage sorghum lines (*Sorghum bicolor* L. Moench) using drought tolerance indices. Iran. J. Crop Sci. 22(3): 275-290. (In Persian with English Abstract).

Khazaei, A., M. R. Shiri, M. Torabi, A. Ghasemi, A. R. Beheshti and A. Azari Nasrabad. 2020. Genotype × environment interaction and grain and forage yield stability of promising lines of dual-purpose sorghum. Seed Plant J. 36(1): 51-70. (In Persian with English Abstract).

Khazaei, A., M. Torabi, M. T. Fyzbakhsh and A. Azari Nasrabad. 2021. Analysis of grain yield stability and

assessment of genotype × environment interaction for grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Iran. J. Crop Sci. 23(3): 211-222. (In Persian with English Abstract).

Lyons, S. E., Q. M. Ketterings, G. S. Godwin, D. J. Cherney, J. H. Cherney, M. E. Van Amburgh, J. J. Meisinger and T. F. Kilcer. 2019. Optimal harvest timing for brown midrib forage sorghum yield, nutritive value, and ration performance. J. Dairy Sci. 102(8): 7134-7149.

Mandic, V., Z. Bijelic, V. Krnjaja, A. Simic, M. Petricevit, N. Micic and V. C. Petrovic. 2018. Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. Biotechnol. Anim. Husb. 34(3): 345-353.

Mofidian, S., J. Ahmadi and A. Moghaddam. 2020. Effect of drought stress on the induction of summer dormancy and dry matter partitioning in alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes. Iran. J. Crop Sci. 22(1): 94-107. (In Persian with English Abstract).

Mohajer, S., H. Ghods, R. M. Taha and A. Talati. 2012. Effect of different harvest time on yield and forage quality of three varieties of common millet (*Panicum miliaceum*). Sci. Res. Essay. 7: 3020-3025.

Muhammad, A., A. N. Muhammad, T. Asif and H. Azhar. 2002. Effect of different levels of nitrogen and harvesting times on the growth, yield and quality of sorghum fodder. Asian J. Plant Sci. 1(4): 304-307.

Nassar, R. and M. Huhn. 1987. Studies on estimation of phenotypic stability: tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. Biometrics. 43(1): 45-53.

Nazari, Sh., F. Zaefrian, E. Farahmandfar, E. Zand and S. Azimi Sooran. 2014. Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. Iran. J. Field Crops Res. 2(34): 237-245. (In Persian with English Abstract).

Plaisted, R. L. 1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. Am. Potato J. 37: 166-172.

Plaisted, R. L. and L. C. Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. Am. Potato J. 36: 381-385.

Pour-Aboughadareh, A., M. Yousefian, H. Moradkhani, P. Poczai and K. Siddique. 2019. STABILITYSOFT: A new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. Appl. Plant Sci. 7(1): e01211.

Rafiee, M. 2018. Effect of sowing time on growth and yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars in second cropping in temperate region of Lorestan province. Iran. J. Crop Sci. 20 (3): 180-192. (In Persian with English abstract).

Rezvani Moghaddam, P., A. Balandari and S. M. Seyyedi. 2015. Effect of plant density and harvest time on forage yield of chicory (*Cichorium intybus* L. cv. Grasslands Puna). Iran. J. Crop Sci. 17 (2): 104-114. (In Persian with English abstract).

Ronga, D., A. Dal Prà, A. Immovilli, F. Ruozzi, R. Davolio and M. T. Pacchioli. 2020. Effects of harvest time on the yield and quality of winter wheat hay produced in Northern Italy. Agron. 10 (6): 917.

Samdur, M. Y., P. D. Patroti, H. S. Talwar, K. K. Sharma, V. A. Tonapi, P. Prabhakar, M. Elangovan, and Y. S. Kshirsagar. 2021. Weighted geometric mean index: A model to evaluate drought tolerance in post-rainy season sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Cereal Res. Commun. 49: 329-336.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity. 29: 237-245.

Teixeira, T. P. M., L. D. Pimentel, L. A. S. Dias, R. A. C. Parrella, M. Q. Paixão and E. M. Biesdor. 2017. Redefinition of sweet sorghum harvest time: new approach for sampling and decision making in field. Ind. Crops Prod. 109: 579-586.

Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. PhD Thesis. P.J. School, IARI, New Dehli, India.

Wricke, G. 1962. Evaluation method for recording ecological differences in field trials. Pflanzenzücht. 47: 92-96.

Effect of harvest time on morphological traits and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines

Golzardi, F.[1], A. Khazaei[2], M. Torabi[3], A. Azarinasrabad[4], M. Jafariani[5], L. Nazari[6], H. Mokhtarpour[7] and A.R. Aghashahi[8]

ABSTRACT

Golzardi, F., A. Khazaei, M. Torabi, A. Azarinasrabad, M. Jafariani, L. Nazari, H. Mokhtarpour and A. R. Aghashahi. 2022. Effect of harvest time on morphological traits and yield of dual-purpose sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) promising lines**. Iranian Journal of Crop Sciences. 24(4): 302-318. (In Persian).**

To assess the productivity potential of dual-purpose (grain-forage) sorghum promising lines at different harvesting times, a field experiment was carried-out using randomized complete block design with three replications in six locations (Karaj, Mashhad, Isfahan, Birjand, Shiraz, and Gorgan) Iran, during 2017 and 2018 growing seasons. Morphological traits and yield of seven dual purpose sorghum promising lines (KDFGS4, KDFGS6, KDFGS9, KDFGS10, KDFGS16, MDFGS1, and MDFGS2) were evaluated at four harvest stages (milk, soft dough, hard dough, and physiological maturity). The results showed that the lowest silage forage yield and the highest dry forage yield in all sorghum promising lines were obtained at the physiological maturity stage. The highest dry forage (34.32 $ton.ha^{-1}$) and grain yield (7.39 $ton.ha^{-1}$) were recorded in Shiraz and Isfahan. The lowest forage and grain yield were produced in Birjand and Gorgan, respectively. The highest (6.67 $ton.ha^{-1}$) and lowest (5.04 $ton.ha^{-1}$) grain yield (obtained from KDFGS6 and KDFGS16 lines, respectively. The highest silage forage yied and dry forage yield, the tallest plant height, and the shortest panicle length belonged MDFGS1 line. Considering the suitable dry matter content for silage forage production, the soft dough stage was identified as appropriate stage to harvest sorghum forage. The highest grain yield stability belonged to MDFGS2, KDFGS6, and KDFGS10 lines, repectively. While, the highest forage yield stability belonged to KDFGS9, KDFGS6, and MDFGS1 lines, respectively. Based on the results of this study and considering the yield and yield stability, KDFGS6 line was identified as the superior dual-purpose (grain-forage) sorghum genotype, and MDFGS1 promising line was more suitable for forage production.

Key words: Grain yield stability, Harvest time, Plant height, Silage forage yield and Sourghum

---

Received: September, 2022 Accepted: December, 2022

1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: f.golzardi@areeo.ac.ir)
2. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Associate Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
4. Assistant Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Birjand, Iran
5. Researcher, Crop and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
6. Assistant Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
7. Assistant Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
8. Associate Prof., Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran